

RANCANG BANGUN DAN UJI KINERJA DESTILATOR ELEKTRIK UNTUK DESTILASI BIOETANOL DARI RUMPUT LAUT (*Euchemia Cottonii*)

Fathan Edy Purwanto, Siswoyo Soekarno, Agus Dharmawan,
Soni Sisbudi Harsono, dan Bambang Marhaenanto

Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember

E-mail: siswoyo.s@unej.ac.id

ABSTRAK

Bioethanol dari rumput laut (*Euchemia cottonii*) diproduksi dari fermentasi anaerob rumput laut dengan bantuan mikroorganisme. Proses destilasi digunakan untuk memisahkan etanol yang terkandung pada bahan (dalam hal ini rumput laut). Tujuan dari penelitian ini untuk mengembangkan destilator yang dilengkapi sistem kontrol temperatur dan menganalisis keluaran dan kualitas bioethanol dari rumput laut. Destilator elektrik terdiri dari 6 komponen utama, yaitu sistem kontrol, komponen pemanas, tabung destilasi, kondenser, dan pompa sentrifugal. Rumput laut difermentasi dengan starter *Saccharomyces cerevisiae* selama 48 jam pada temperatur ruang. Bahan kemudian didestilasi selama 6 jam dengan temperatur terkendali 80°C. Hasil menunjukkan bahwa destilat keluar dari proses pada menit ke 253 dengan laju pengeluaran destilat adalah 0.024 L/jam dan temperatur 71°C. Bioethanol yang terbentuk memiliki residu 3.3. % dan kadar alkohol 39%.

Kata kunci — bioethanol; destilator; sistem control; rumput laut

PENDAHULUAN

Sumber energi di dunia masih didominasi oleh sumberdaya alam yang tidak terbarukan, seperti minyak bumi, batubara, dan gas alam. Sementara sumber energi terbarukan sangat minim penggunaannya seperti energi nuklir dan biomassa. Salah satu produk konversi energi dari bahan bio sebagai energi terbarukan adalah bioethanol (Wiratmaja et al., 2011). Bioethanol, nama lain etanol (C_2H_5OH), dibuat dari bahan baku yang berasal dari makhluk hidup, tumbuhan, atau biomassa (Setiawan, 2018). Sumber bahan baku etanol adalah dari bahan pati, karbohidrat, dan selulosa (Fardiana et al., 2018; Wiratmaja et al., 2011). Etanol (C_2H_5OH) mempunyai sifat fisik tidak berwarna, memiliki bau khas menusuk hidung, mudah menguap, titik didih 78°C, dalam air dan ester, densitas pada 15 °C adalah 0,7937; spesifik panas pada 20 °C adalah 0,579 cal/g·°C, panas pembakaran pada keadaan cair adalah 328 Kcal, viskositas pada 20 °C adalah 1,17 cp, dan berat molekul adalah 46,07 g/mol (Soebijanto, 1986).

Pembuatan etanol melalui proses fermentasi dengan bantuan mikroorganisme dan berlangsung secara anaerob (Marlina & Hainun, 2020). Bahan-bahan yang mengandung monosakarida, sebagai glukosa, dapat langsung difermentasi menjadi etanol. Namun bahan pati dan karbohidrat kompleks harus dihidrolisa terlebih dahulu menjadi komponen sederhana, monosakarida (karbohidrat sederhana) (Sari, 2009). Proses fermentasi melibatkan reaksi kimia oleh mikroba, salah satunya adalah *Saccharomyces cerevisiae*. Bakteri yang tidak tahan suhu tinggi ini mempunyai kelebihan yaitu lebih cepat pertumbuhan selnya dan mudah menguraikan glukosa, fruktosa, dan sukrosa untuk memproduksi etanol (Fardiana et al., 2018). Pada fermentasi, *S. cerevisiae* melakukan pembebasan energi, sehingga asam piruvat diubah menjadi asam asetat dan CO_2 , dan asam asetat yang dihasilkan diubah menjadi etanol (Saputra et al., 2012).

Untuk memisahkan etanol dari campuran diperlukan tahap destilasi. Destilasi ini akan memisahkan etanol dengan campuran akibat perbedaan titik didih atau karena kemampuan etanol yang lebih mudah menguap (Setiawan, 2018). Titik didih etanol murni adalah 78°C sedangkan air adalah 100°C (kondisi standar). Pada suhu 78°C etanol lebih dulu menguap dari pada air (Marlina & Hainun, 2020). Oleh sebab itu, hasil fermentasi dimasukkan ke proses destilasi untuk mendapatkan etanol dari glukosa. Proses distilasi ini dijalankan pada suhu 70-80 °C (Sari, 2009). Uap etanol kemudian dialirkan melalui pipa yang terendam air (kondensor) sehingga terjadi pengembunan dan kembali menjadi etanol cair (Marlina & Hainun, 2020), baru kemudian dianalisis kadar etanol yang keluar (Sari, 2009).

Tujuan penelitian ini adalah membuat alat destilasi elektrik yang melakukan destilasi bahan bio. Alat ini dilengkapi dengan sistem kontrol temperatur agar proses destilasi dapat memisahkan etanol dari bahan yang sudah terfermentasi. Bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu rumput laut dari jenis *Eucheuma cottonii*. Setelah alat terbentuk, maka dilakukan pengujian kinerja. Pengujian ini terdiri atas pengukuran volume destilat, laju pengeluaran destilat, temperatur destilasi, kualitas destilat (kadar alkohol) dan rendemen.

Rumput laut jenis *Eucheuma cottoni* merupakan salah satu rumput laut jenis alga merah (*Rhodophyta*), memiliki thallus licin dan silindris, berwarna hijau, hijau kuning, abu-abu, dan merah yang dipengaruhi faktor lingkungan (Atmadja et al., 1996). Kondisi perairan yang sesuai untuk budidaya rumput laut *Eucheuma cottonii* yaitu perairan terlindung dari terpaan angin dan gelombang yang besar, kedalaman perairan 7,65 - 9,72 m, salinitas 33 -35 ppt, temperatur air laut 28-30 °C, kecerahan 2,5-5,25 m, pH 6,5-7,0 dan kecepatan arus 22-48 cm/detik. Rumput laut ini mengandung kadar abu 19.92 %, protein 2.80 %, lemak 1.78 %, serat kasar 7.02 % dan mengandung karbohidrat yang cukup tinggi sekitar 68.48 % (Wiratmaja et al., 2011).

METODOLOGI PENELITIAN

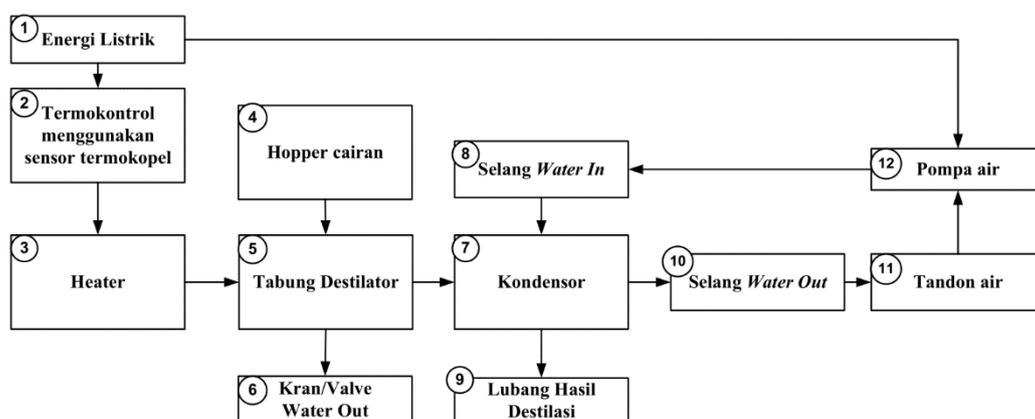
Perancangan dan perakitan kontruksi destilator elektrik dibuat dari Desember 2017 – Februari 2018. Alat dirakit di Bengkel Mesin Peralatan Pertanian, Jalan Danau Toba VII Blok 2 No. 173A Jember. Pengujian kinerja destilator dilaksanakan di Lab. Rekayasa Alat dan Mesin Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember pada Maret – April 2018.

Metode pengambilan data pada penelitian adalah observasi eksperimental dengan melakukan pengumpulan data secara langsung ke objek kajian dari berbagai percobaan pengamatan. Dalam hal ini peneliti meninjau, melakukan pengukuran, dan mencatat data yang dibutuhkan untuk analisis teknis hasil observasi dan pengukuran (Dharmawan et al., 2020).

Peralatan yang digunakan untuk perakitan terdiri atas mesin las listrik, gerinda poting, bor duduk, bor tangan, kunci pas, obeng, tang. Sedangkan bahan untuk kontruksi antara lain baja tahan karat (*stainless steel*), valve, selang elastis, *double nalle*, pompa air, dan *thermo-controller*. Peralatan pengujian terdiri atas alkoholmeter, termometer, dan stopwatch. Bahan yang digunakan adalah rumput laut jenis *Euchema cottoni*.

A. Perancangan Sistem

Perancangan sistem, disajikan pada gambar 1, terdiri atas: (1) sumber listrik, (2) sistem kontrol temperatur, (3) heater untuk memanaskan bahan, (4) hopper sebagai lubang masukan cairan ketika destillator beroperasi, (5) tabung destillator sebagai penampung bahan yang akan didestilasi, (6) kran pembuangan limbah cairan atau residu, (7) kondensor untuk mendinginkan uap panas proses destilasi, (8) selang *water-in* memasukkan air dingin ke tandon, (9) lubang cairan destilat, (10) selang *water-out* mengeluarkan air dingin dari tandon, (11) tandon air menampung air dari dan menuju kondensor, dan (12) pompa air.



Gambar 1. Perancangan sistem destilator elektrik

B. Fermentasi Bahan

Proses fermentasi bahan untuk pembuatan bioetanol dilakukan secara anaerob (Wiratmaja et al., 2011). Bahan yang digunakan adalah rumput laut *Eucheuma cottonii* dengan berat 10 kg dan ragi *Saccaromyces cerevisiae* 20 gram. Peralatan terdiri atas baskom/timba dengan penutup rapat dan termometer. Bahan dicuci dan disterilisasi dengan dikukus menggunakan pengukus, lalu didinginkan. Bahan dicampur dengan 6-gram ragi lalu dimasukkan kedalam baskom/timba dengan penutup rapat untuk 3 kg rumput laut. Fermentasi dilakukan di temperatur kamar (20 – 30 °C) dan lama proses fermentasi adalah 48 jam.

C. Pengamatan

Parameter yang diamati pada destilator selama proses destilasi terdiri atas temperatur destilator dan laju aliran bioetanol. Temperatur maksimal yang di-set pada *thermocontroller* adalah 80°C. Bahan yang digunakan untuk satu kali proses adalah 3 kg. Mengamati waktu keluaran cairan pertama dari lubang destilat sampai dengan akhir proses (sebagai t , detik). Volume hasil destilasi kemudian ditampung dan diukur volumenya (sebagai V , mL). Laju destilasi (Q , L/jam) ditentukan menggunakan persamaan 1. Pengamatan dilakukan sebanyak 3 kali pengulangan. Produk hasil proses kemudian dilakukan pengukuran kadar bioetanol.

$$Q = \frac{V}{t} \quad (1)$$

D. Analisis Data

Metode analisis data yang digunakan adalah metode analisis statistik deskriptif. Pada metode ini hanya menerapkan rumus statistik deskriptif angka rata-rata (*mean*). Data tersebut terdiri atas data waktu awal cairan keluar, temperatur destilasi, volume destilat, laju destilat, rendemen ethanol, dan kadar alkohol.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Perancangan Destilator

Pada penelitian ini bioetanol dari rumput laut *Eucheuma Cottonii* dihasilkan melalui proses destilasi dari destilator yang dikembangkan. Hasil perancangan dan perakitan destilator elektrik disajikan pada Gambar 2. Destilator terbagi menjadi beberapa komponen yaitu tabung bahan destilasi, heater, kran output limbah atau residu, selang pengukur ketinggian air, *thermocontroller*, *valve* dan *hopper* input cairan, penutup tabung, pengunci tutup dan tabung, kondensor dan pipa sirkulasi air, pompa air, selang air penghubung pompa dan kondensor, kaki tabung dan lubang sensor termokopel, lubang output destilat.



Gambar 2. Destilator elektrik: (a) destilator; (b) sistem kontrol temperatur

Tabung destilator berbentuk silinder, diameter 500 mm, tinggi 1000 mm dan terbuat dari *stainless steel* tebal 2 mm. *Stainless steel* digunakan untuk mencegah korosi dan kontaminasi destilat yang dihasilkan. Bagian dalam tabung terdapat sekat pembatas antara bahan padat dan air dengan ketinggian

300 mm. Penutup tabung berbentuk kerucut diameter alas 500 mm, tinggi 320 mm, dan bahan *stainless steel* tebal 2 mm. Di atas tutup terdapat lubang pipa berdiameter 30 mm yang tersambung ke kondensor. Antara tabung dan penutup destilator terdapat 8 buah pengunci yang rapat untuk menghindari uap keluar dari sistem.

Sumber pemanas dari proses destilasi berasal dari *heater*. *Heater* yang digunakan berjenis *band heater* yang khusus diaplikasikan untuk memanaskan berbagai alat dengan permukaan silinder. Kontruksi pemanas ini tersusun atas kumparan (gulungan) kawat/pita yang terisolasi, terempel pada tabung (tinggi 300 mm), dan terlapisi *stainless steel*. Input energi pemanas berasal dari listrik dengan daya 3000 W yang terhubung dengan rangkaian sistem kontrol.

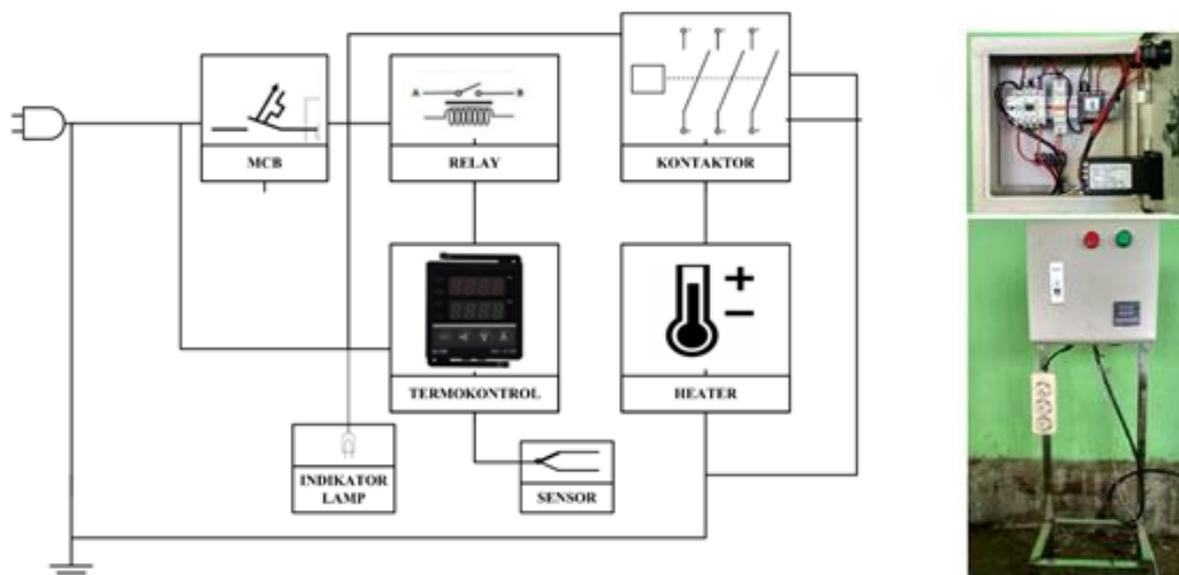
Selain komponen di atas, destilator dilengkapi dengan selang indikator ketinggian air yang memberi tanda ketinggian air yang berada dalam tabung destilator sebelum dan saat beroperasi. Selang yang dipilih jenis selang benang *Toyosilicone-p hose* berbahan karet silikon tahan terhadap temperatur tinggi dengan diameter 20 mm. Kontruksi selang memanjang ke atas dari dasar tabung destilator dengan tinggi 550 mm dan dilengkapi kran keluaran air.

Di bagian atas tabung destilator terdapat *hopper* (diameter 70 mm dan tinggi 90 mm) dan *valve*/kran untuk input cairan pengoptimal kondisi bahan di dalam sistem. Sedangkan dibagian bawah terdapat kran pengeluaran limbah cair dan residu dari tabung destilator.

Kondensor pada proses destilasi berfungsi untuk mengubah uap/gas menjadi cairan. Konstruksi kondensor pada destilator ini berukuran panjang 2 m berbentuk silinder berdiameter 100 mm. Di dalam silinder kondensor terdapat pipa kecil berdiameter 10 mm sebagai transportasi uap panas yang dicairkan oleh sirkulasi air dingin. Sirkulasi air dingin masuk dari pipa pemasukan bagian atas kondensor berdiameter 15 mm dan keluar melalui pipa pengeluaran bagian bawah. Air dingin tersebut berasal dari tandon air (volume 80 L) dan tersirkulasi karena mendapat dorongan dari pompa air (merek Shimizu; 125 W). Setelah uap hasil proses destilasi terkondensasi, cairan akan keluar melalui unit pengeluaran destilat. Unit pengeluaran ini berdiameter 80 mm, terbuat dari *stainless steel* dan terdapat 6 lubang kecil.

B. Sistem Kontrol Temperatur Destilasi

Sistem kontrol berfungsi untuk mengendalikan temperatur dalam proses destilasi. Komponen sistem kontrol terdiri dari termokontrol RKC rex-C100, kontaktor S-N10 20A, MCB (*Miniature Circuit Breakers*) Schneider Domae 230V, relay Omron MK2P-1 220V, panel box, kabel NYA 0,75 mm, sensor termokopel 2 m WRNT-01 K serta lampu indikator Bossecom merah (ON) dan hijau (OFF). Rangkaian sistem kontrol ini terpasang pada panel box (250 x 250 mm). Rangkaian sistem kontrol disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Rangkaian sistem kontrol

Listrik yang mengalir saat MCB posisi ON akan mengakibatkan kondisi termokontrol menyala. Temperatur di-*set* sesuai temperatur proses destillasi yaitu 80 °C. Sensor temperatur (termokopel) yang

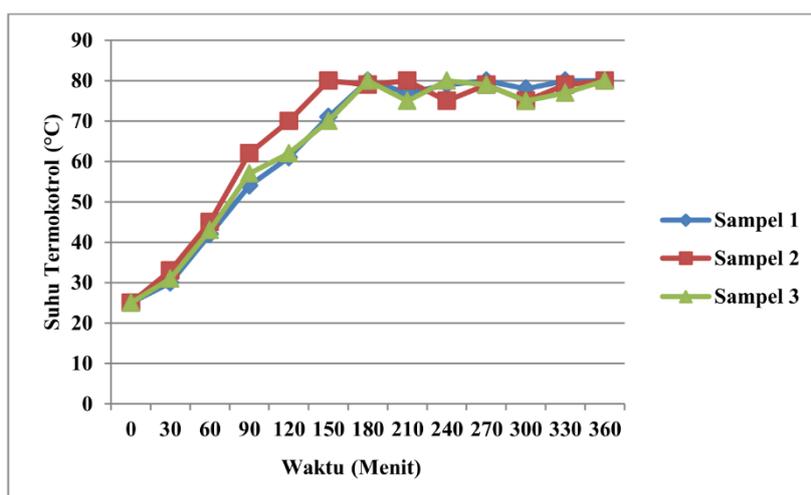
berada di dalam tabung destilator akan mendeteksi temperatur bahan apabila melebihi 80°C maka kontaktor posisi OFF akan memutus listrik ke *heater*. Sebaliknya ketika temperatur menurun dan berada dibawah 80°C maka kontaktor posisi ON dan mengalirkan listrik ke *heater*. Terputus dan tersambungny energi output kontaktor tersebut diketahui oleh nyala lampu indikator merah dan hijau. Hijau menandakan energi listrik yang diinputkan ke *heater* adalah OFF dan merah menandakan energi listrik yang diinputkan ke heater adalah ON.

C. Evaluasi Kinerja Destilasi

Pada pengujian kinerja distilator elektrik, bahan yang digunakan pada perlakuan destilasi adalah 3 kg rumput laut yang sudah difermentasi. Durasi yang digunakan untuk satu kali proses destilasi adalah 6 jam. Hasil pengukuran kinerja destilator dan bioetanol yang dihasilkan tersaji pada Tabe 1. Temperatur dalam destilator yang terekam oleh sistem kontrol tersaji pada Gambar 4.

Tabel 1. Hasil pengukuran kinerja destilator dan bioetanol yang dihasilkan

Sampel	Lama fermentasi (jam)	Waktu awal cairan keluar (menit)	Temperatur cairan (°C)	Volume destilat (mL)	Laju destilasi (L/jam)	Rendemen etanol (%)	Kadar alkohol (%)
1	24	169	71	260	0.0432	3.6	42
2	48	145	70	220	0.0366	2.2	31
3	72	163	71	280	0.0462	4.2	45
Rerata		159	71	253	0.0420	3.3	39



Gambar 4. Grafik hasil pengamatan suhu pada ketiga sampel bahan

Dari proses destilasi, waktu awal keluarnya bioetanol pada lubang pengeluaran adalah pada 159 menit dengan temperatur 71°C. Rata-rata volume yang bioetanol yang dihasilkan pada proses destilasi (durasi 6 jam) adalah 253 mL dan rata-rata laju destilasi 0.042 L/jam. Sedangkan dari bioetanol yang dihasilkan memiliki kadar rendemen dan kadar alkohol masing-masing adalah 3.3% dan 39%.

Sebagaimana destilator umum-nya, alat ini digunakan untuk memisahkan etanol dan air dari campuran bahan hasil fermentasi. Akibat temperatur yang diberikan pada sistem destilasi, yaitu 80°C, maka etanol yang terdapat dalam tabung akan menguap ke atas. Alkohol memiliki titik didih 78 °C (Marlina & Hainun, 2020). Sementara air yang memiliki titik didih 100°C (kondisi standar) akan tetap berada di tabung destilator. Uap etanol lalu mengalir menuju kondensor. Sirkulasi air yang terjadi akan membuat temperatur etnaol menurun. Etanol akan mengalami kondensasi (pengembunan) dan berubah wujud menjadi cair. Cairan etanol akan keluar melalui lubang pengeluaran alkohol.

Persentase etanol yang ter-tampung kemudian diukur kadarnya menggunakan alkoholmeter. Prinsip kerja dari alkoholmeter berdasarkan berat jenis campuran antara alkohol dengan air. Cara pengukurannya yaitu memasukkan alkoholmeter ke dalam gelas ukur yang panjangnya melebihi alkoholmeter dan dalam gelas ukur tersebut telah berisi cairan alkohol yang akan diukur. Alkoholmeter

akan tenggelam dan batas cairannya akan menunjukkan berapa kandungan etanol dalam larutan tersebut (Fardiana et al., 2018).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan maka dapat disimpulkan bahwa alat destilator yang sudah dikembangkan dilengkapi dengan sistem kontrol temperatur. Bahan rumput laut yang akan digunakan sudah mengalami fermentasi. Proses destilasi berlangsung secara tertutup pada temperatur 80°C. Hasil pengujian alat destilator menunjukkan laju pengeluaran bioethanol adalah 0.024 L/jam, temperatur etanol saat keluar kondensator 71 °C, dan awal waktu keluaran alkohol pada sekitar menit 253. Bioetanol yang dihasilkan memiliki rendemen 3.3% dan kadar alkohol 39%.

DAFTAR PUSTAKA

- Atmadja, W., Kadi, A., Sulistijo, & Rachmaniar. (1996). Pengenalan Jenis-jenis Rumput Laut Indonesia. PUSLITBANG Oseanologi, LIPI.
- Dharmawan, A., Suryaningrat, I. B., Soekarno, S., & Firdaus, F. F. (2020). Evaluasi Tekno-Ekonomi pada Produksi Asap Cair dari Tempurung Kelapa (Studi Kasus di CV Prima Rosandries, Jember). *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan*, 20(2), 126–134.
- Fardiana, Ningsih, P., & Mustapa, K. (2018). Analisis Bioetanol dari Limbah Kulit Buah Sukun (*Artocarpus altitis*) dengan Cara Hidrolisis dan Fermentasi. *Jurnal Akademika Kimia*, 7(1), 19–22.
- Marlina, L., & Hainun, W. N. (2020). Pembuatan Bioetanol dari Air Kelapa melalui Fermentasi dan Destilasi-Dehidrasi dengan Zeolit. *TEDC*, 14(255–260).
- Saputra, D. R., Ridlo, A., & Widowati, I. (2012). Kajian Rumput Laut *Sargassum duplicatum* J. G. Agardh sebagai Penghasil Bioetanol dengan Proses Hidrolisis Asam dan Fermentasi. *Journal of Marine Research*, 1(2), 1145–1151.
- Sari, N. K. (2009). Pembuatan Bioetanol dari Rumput Gajah dengan Distilasi Batch. *Jurnal Teknik Kimia Indonesia*, 8(3), 94–103.
- Setiawan, T. (2018). Rancang Bangun Alat Destilasi Uap Bioetanol dengan Bahan Baku Batang Pisang. *Jurnal Media Teknologi*, 4(2), 119–128.
- Soebijanto, T. (1986). HFS dan Industri Ubi Kayu Lainnya. Gramedia.
- Wiratmaja, I. G., Kusuma, I. G. B. W., & Winaya, I. N. S. (2011). Pembuatan Etanol Generasi Kedua Dengan Memanfaatkan Limbah Rumput Laut *Euclima Cottonii* Sebagai Bahan Baku. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Carkam*, 5(1), 75–84.